

TURING

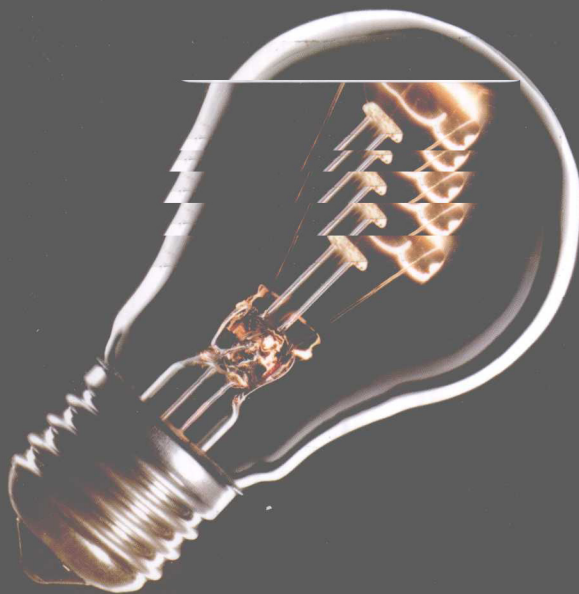
图灵新知

你不可不知的

50个物理知识

50 Physics Ideas You Really Need To Know

[美] Joanne Baker 著 马潇潇 译



人民邮电出版社

POSTS & TELECOM PRESS

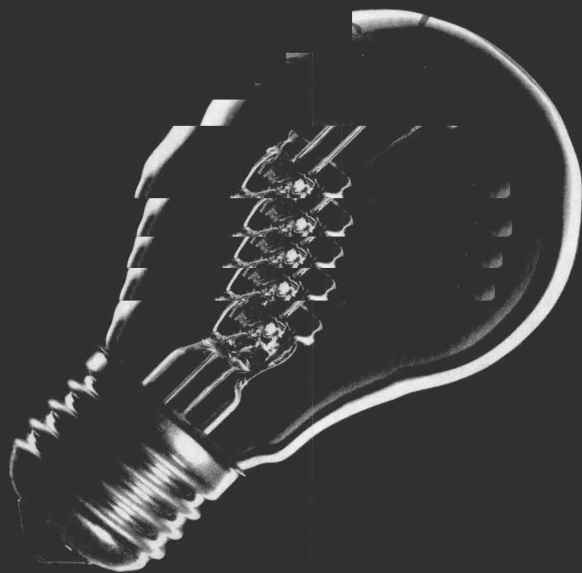
TURING 图灵新知

你不可不知的

50个物理知识

50 Physics Ideas You Really Need To Know

[美] Joanne Baker 著 马潇潇 译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

你不可不知的50个物理知识 / (美) 贝克
(Baker, J.) 著 ; 马潇潇译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2010.7
(图灵新知)
书名原文: 50 Physics Ideas You Really Need to Know
ISBN 978-7-115-22421-7

I. ①你… II. ①贝… ②马… III. ①物理学—普及
读物 IV. ①04-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第043617号

内 容 提 要

这是一本物理学科普书。作者通过 50 篇短文, 描述了掌控世界运转的定律、原理和理论的发现、意义及其作用。这些短文, 以及著名物理学家的生平介绍、说明性图表和名人名言, 使内容更加生动有趣, 让读者读起来津津有味、兴味盎然, 并对物理学深深着迷。

本书适合对物理学感兴趣的各层次读者。

图灵新知

你不可不知的50个物理知识

-
- ◆ 著 [美] Joanne Baker
 - 译 马潇潇
 - 责任编辑 马晓燕
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
 - 邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/24
 - 印张: 9.25
 - 字数: 255千字 2010年7月第1版
 - 印数: 1-4 000册 2010年7月河北第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2009-4807号

ISBN 978-7-115-22421-7

定价: 29.00元

读者服务热线: (010)51095186 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

版 权 声 明

Original English language edition, entitled *50 Physics Ideas You Really Need to Know* by Joanne Baker, published by Quercus, 21 Bloomsbury Square, London, WC1A 2NS, England, UK. Copyright © Joanne Baker 2007.

Published by agreement with Quercus Publishing Plc through the Chinese Connection Agency, a division of The Yao Enterprises, LLC. Simplified Chinese-language edition copyright © 2010 by Posts & Telecom Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由 Quercus 通过 Yao Enterprises, LLC 授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

译者序

物理学通常被看作聪明人的游戏，这也难怪很多学生对它叫苦连天。本书的作者 Joanne Baker 是一位物理学博士，她独出心裁，避开繁琐深奥的物理学理论，以一种新颖的方式向大众普及物理学知识。对大多数人而言，若能了解物理学的实质，便已足够，对细枝末节的纠缠实在是没有必要。《庄子》中有“天地有大美而不言”之语，本书则是用短小精悍的小短文“言天地之美”。通过 50 个小故事，Joanne 从最基本的牛顿力学出发，到现代的量子力学和宇宙学，历数了物理学发展历程中的重大发现。颇具特色的是，书中提供了重大发现的时间表，方便读者了解本领域一脉相承的进展。此外，还提供了相关物理学家的简短生平，介绍了他们的教育背景，使读者能近距离地了解科学家们个性的闪光和缺陷。有志于走近科学的人们，应能从中受到启发，坚定自己的信念。

在翻译本书的过程中，译者参考了诸多资料。我深深感到，翻译不是易事，不但要把原文的意思译出，还应尽量保持语言上的韵味，后者尤其困难。本书中很可能在上述两方面存在不足，请读者阅读时审慎明辨，并批评指正。本书如果能使读者产生一些对物理学的兴趣或者深入钻研的信心，则译者已欣慰至极。

翻译书的过程像是一段短暂而丰富的旅程，中间包含了欣喜、彷徨、激动和期盼。现在本书已经译成，可以稍松一口气。回顾翻译的过程，先要感谢图灵公司的编辑，她们从常规事务办理到书稿审阅，提供了许多细致有用的意见，沟通一直融洽畅通。还要感谢家人提供了安心的环境，感谢诸多同学帮我审阅，提出文字修改意见。

马潇潇

2009 年 10 月于清华园

引言

当我告诉朋友们要写这本书的时候，他们开玩笑说：“你不可不告诉读者的第一件事，就是物理很难懂。”且不说物理难不难懂，我们每个人无时无刻不用到物理知识。我们在照镜子或者戴上眼镜时，就涉及物理中的光学；定好闹钟，则进入了时间的轨道；查看地图，就又在几何空间中穿梭；我们使用手机互相联系，利用的是发往在外太空沿轨道运行的卫星的看不见的电磁波。物理学的应用并不局限于技术层面。没有物理，就不可能有月亮、有彩虹、有钻石。即便是我们身体中的血液，也是遵循着物理学规律流动的。

现代物理学中充满了惊奇。通过对“物体存在与否”这一概念的质疑，量子力学彻底改变了人们对世界的认识。宇宙学研究宇宙究竟是什么，它是如何形成的，为什么我们会在宇宙中，宇宙是偶然的产物还是有某种必然性。物理学家们窥见了原子的内部结构，揭示了隐藏在其中的、幽灵般的基本粒子世界。即便是最坚硬的红木桌，也主要是由空空如也的粒子间空隙构成的。只不过其中的原子是由核力骨架支撑罢了。物理源于哲学，而物理通过提供新的、超越日常生活体验的奇特世界观，反过来又推进哲学的发展。

然而，物理学不是想象出来的。它是以事实和实验为基础的。物理定律不断被科学方法所更新，就好像要对计算机软件进行更新，以修复 bug 和增加新模块一样。以事实为依据，可以推翻和改写物理学思想。当然，这需要一段时间才能为人们所接受。哥白尼的日心说为大家所接受，大约用了一代人的时间。不过，人们接受新思想的步伐也在不断加快。量子物理和相对论就只花了十年的时间。由此看来，哪怕是最成功的物理学定律也要不断接受检验。

本书将带领读者在物理世界中徜徉，从万有引力、光和能量等基本概念，到量子理论、混沌和暗能量等现代物理学思想。作为作者，我希望本书能够成为一本很好的物理学“观光指南”，引起您进一步探索物理奥妙的兴趣。其实，在基本物理概念背后还蕴藏着无穷的乐趣。

目 录

第一部分 物质运动.....	1	26 海森堡不确定性原理.....	106
01 马赫原理.....	2	27 哥本哈根诠释.....	110
02 牛顿运动定律.....	6	28 薛定谔的猫.....	114
03 开普勒定律.....	10	29 EPR 悖论.....	118
04 牛顿万有引力定律.....	14	30 泡利不相容原理.....	122
05 能量守恒.....	18	31 超导性.....	126
06 简谐运动.....	22	第四部分 原子结构.....	131
07 胡克定律.....	26	32 卢瑟福原子.....	132
08 理想气体定律.....	30	33 反物质.....	136
09 热力学第二定律.....	34	34 核裂变.....	140
10 绝对零度.....	38	35 核聚变.....	144
11 布朗运动.....	42	36 标准模型.....	148
12 混沌理论.....	46	37 费曼图.....	152
13 伯努利方程.....	50	38 上帝粒子.....	156
第二部分 波的秘密.....	55	39 弦论.....	160
14 牛顿色彩理论.....	56	第五部分 时空宇宙.....	165
15 惠更斯原理.....	60	40 狭义相对论.....	166
16 斯涅尔定律.....	64	41 广义相对论.....	170
17 布拉格定律.....	68	42 黑洞.....	174
18 夫琅和费衍射.....	72	43 奥伯斯佯谬.....	178
19 多普勒效应.....	76	44 哈勃定律.....	182
20 欧姆定律.....	80	45 大爆炸.....	186
21 弗莱明右手定则.....	84	46 宇宙膨胀.....	190
22 麦克斯韦方程组.....	88	47 暗物质.....	194
第三部分 量子谜题.....	93	48 宇宙学常数.....	198
23 普朗克定律.....	94	49 费米悖论.....	202
24 光电效应.....	98	50 人择原理.....	206
25 薛定谔波动方程.....	102	术语表.....	211

第一部分

物 质 运 动

- | | |
|-------------|------------|
| 01 马赫原理 | 08 理想气体定律 |
| 02 牛顿运动定律 | 09 热力学第二定律 |
| 03 开普勒定律 | 10 绝对零度 |
| 04 牛顿万有引力定律 | 11 布朗运动 |
| 05 能量守恒 | 12 混沌理论 |
| 06 简谐运动 | 13 伯努利方程 |
| 07 胡克定律 | |

01 马赫原理

骑在旋转木马上的孩子可以感受到来自遥远星球的拉力。这种现象可以用马赫原理解释，即“物体的惯性受周围其他物体质量的影响”。通过引力，遥远的天体能够影响我们身边物体的移动和旋转。为什么会这样？你怎么判断某个物体是否在运动呢？

坐过火车的人应该有过这样的体验：透过车窗，看对面火车的车厢离你远去。是你乘坐的火车正在出站还是另一列正在进站？有时候这很难判断。有没有什么办法能帮助我们确定到底是哪列火车开动了呢？

奥地利哲学家和物理学家欧内斯特·马赫在 19 世纪就发现了这个问题。在研究牛顿的著作时，他注意到，牛顿认为空间是绝对的。对此，他本人并不认同。牛顿将空间理解为类似于标记在坐标纸上的坐标，所有的运动都可以映射到坐标纸的网格上。马赫不同意这个观点，他认为：只有相对于另外一个物体（而非坐标纸上的网格）来说，运动才是有意义的。如果不是相对于其他物体，那运动又有什么意义呢？在这一点上，马赫是受牛顿的竞争对手——戈特弗里德·莱布尼兹早期思想影响的。（编者注：关于牛顿还是莱布尼兹首先发现了微积分，是科学史上一桩著名的公案。）而后，爱因斯坦又继承了马赫的思想，认为只有相对运动才是有意义的。马赫认为：一个皮球，无论是在法国还是奥地利，滚动方式都是一样的，跟空间网格无关。可见，唯一能够影响皮球滚动的就是重力（即引力）。在月球上，皮球滚动的速度可能会

大事年表

约公元前 335 年

亚里士多德认为物体运动
是由于力的作用

公元 1640 年

伽利略提出惯性定律

“绝对空间，亦即没有任何外部参照物的空间，总是均一且不动的。”

艾萨克·牛顿，1687 年

有所不同，因为在月球上它的重力要小一些。宇宙中的所有物体相互之间都存在着引力，并且通过这种相互作用感受其他物体的存在。从本质上说，运动不依赖于空间的属性，而依赖于物质或其质量的分布。

质量 到底什么是质量？质量是物体所含物质多少的度量。一块金属的质量等于其内部所有原子质量的总和。质量和重量不同。重量是将物体向下拽的重力的度量。宇航员在月球上比在地球上轻，是因为月球比地球小，其对宇航员施加的重力也小。但不论是在月球还是地球，宇航员的质量都是不变的，因为身体内所包含的原子数量并没有变化。爱因斯坦提出，质量和能量是可以相互转化的，质量可以完全变成能量。因此从本质上说，质量就是能量。

惯性 惯性源于拉丁词汇“懒惰”。与质量非常类似，它表示通过力的施加使某个物体的运动发生改变的难度。惯性大的物体较难发生运动。即使是在太空中，大型物体发生运动所需的力也是很大的。比如，假设一个在轨道上运行的巨型岩石小行星将与地球相撞，若要改变它的运动方向，必须使用巨大的冲击力——或是通过核爆炸提供一个短暂而巨大的力，或是长时间地施加一个稍小的力。而小型空间飞船，由于惯性比行星小得多，因此通过喷气发动机就可以改变其运动方向。

意大利天文学家伽利略早在 17 世纪就提出了惯性定律：如果某一物体处于某种状态，并且不对其施加任何外力，则它的运动状态将保持

1687 年

牛顿发表水桶推论

1893 年

马赫发表《力学科学》(The Science of Mechanics)

1905 年

爱因斯坦发表狭义相对论

不变。也就是说，如果该物体处于运动状态，那么它将按照原有的速率和方向继续运动；如果该物体处于静止状态，那么它将继续保持静止。牛顿对该思想进行了提炼，并提出了他的运动第一定律。

牛顿水桶 牛顿也研究过重力。他注意到物体是互相吸引的——苹果之所以从树枝落到地面，是因为苹果受到了地球的吸引。同样地，地球也受到了苹果的吸引作用。只是我们可能很难测出地球被苹果吸引后所产生的微小位移。

牛顿证明，重力随距离的增加而迅速减少。所以我们在高空会受到远远小于在地表的重力。虽然在高空所受到的重力变小了，但仍可以感受得到，而且离开地表越远，所感受到的地球引力就越小。实际上，宇宙中的所有物体彼此之间都存在着微小的引力作用，并对我们的运动产生微妙的影响。

牛顿曾尝试通过“旋转水桶试验”来理解物体和运动的关系。在水桶刚开始旋转的时候，里面的水是不动的。逐渐地，水也会随着水桶旋转起来，并且水面会凹陷。这是由于水面外沿想要“爬过”水桶边缘逃出来，却又受到水桶的约束力而无法溢出。牛顿认为，只有在绝对空间里的固定参考系中才能理解水的旋转。其实，我们只要看一下桶中的水就可以知道水桶是否在旋转。这是因为水桶在旋转时，作用在水上的力会形成凹陷的水面。

几个世纪之后，马赫也研究了这个问题。如果这桶水是宇宙中仅有的物体，情况会是怎样呢？如何可知是桶在旋转呢？同样的现象，可否说是水相对于桶在旋转呢？要使讨论有意义，就必须把其他物体放到水桶的系统中，比如房间的墙或者遥远的不变的恒星。有了参考系，就可以判断水桶是否在旋转了。但若是没有静止的房间或者不变的恒星作为参考系，谁又能说清到底是哪个在旋转呢？当抬头仰望天空中沿弧形轨道运行的太阳和恒星时，我们也有类似的体验——到底谁在旋转，是恒星还是地球呢？

欧内斯特·马赫 (Ernst Mach) 1838—1916 年

除马赫原理的贡献外，奥地利物理学家欧内斯特·马赫在光学、声学、感觉感知生理学、科学哲学，尤其是超音速方面的研究成绩斐然。在他 1877 年发表的那篇颇具影响力的论文中，马赫描述了高于音速的发射体是如何产生类似于尾流的冲击波的。正是空气中的这种冲击波导致了超音速飞机的音爆^{*}。发射体或喷气式飞机的速度与音速之比现称为马赫数。马赫数为 2，是指其速度两倍于音速。

^{*} 编者注：音爆是指飞机超音速飞行时发出的巨大声响。

根据马赫和莱布尼兹的思想，要使运动有意义，我们就需要外部参考系，在仅有一个物体存在的系统中讨论惯性这个概念是毫无意义的。因此，假如宇宙中没有恒星，我们就永远无法弄清地球是否在旋转。而恒星的存在证实了地球是相对于它们在旋转的。

“马赫原理”中相对运动和绝对运动的观点引起了许多科学家的思考，尤其是爱因斯坦（“马赫原理”的命名者）。爱因斯坦基于“所有运动都是相对的”这一观点，建立了狭义相对论和广义相对论。他还用马赫原理解决了一个重要问题：旋转和加速必定伴随出现额外的力，但这些力在哪里？爱因斯坦指出，如果宇宙中的所有物体都是相对于地球旋转的，那么我们应该可以感受得到一个较小的力。这个力会导致地球以某种方式摇晃。

几千年来，空间的本质问题困扰了无数科学家。现代粒子物理认为，太空是由不断生成和毁灭的亚原子粒子形成的“沸腾的大锅”。质量、惯性、力和运动实际上可能都是“沸腾量子汤”的外在表现而已。

质量与运动的关系密不可分

02 牛顿运动定律

牛顿是有史以来最杰出、最具影响力和最具争议的科学家之一。他发明了微积分，阐释了万有引力，并确定了白光的组成。为何高尔夫球会沿着弯曲的路径下落？为何汽车转弯时乘客会感到被挤向一侧？为何可通过球棒感受到打击棒球的力？牛顿的三大运动定律对这些问题作出了解释。

在那个摩托车还未被发明的时代，牛顿的三大运动定律就已经解释了摩托车特技演员为何能够将摩托车骑上垂直于地面的“死亡之墙”上，以及奥林匹克自行车手为何可在倾斜的赛道上竞赛。（编者注：死亡之墙，即 vertical wall of death，是一个垂直于地面的巨大圆桶，摩托车特技演员以垂直于桶壁的角度在圆桶内壁行驶。）

生活在 17 世纪的牛顿被认为是一位科学巨匠。他强烈的好奇心驱使他理解了一些看似简单、实则深奥的问题，比如向空中抛出的球会沿怎样的弧线下落，物体为何总是下落而不是上升，以及行星是如何围绕太阳运转的。

17 世纪 60 年代牛顿还只是剑桥大学的一名普通学生，那时的他就已经开始阅读经典的数学著作了。通过阅读，他的兴趣从民法转向了物理学定律。不久，剑桥大学因爆发瘟疫而被迫关闭，于是牛顿就利用在家休假的时间开始了他对三大运动定律的初步研究。

大事年表

约公元前 350 年

亚里士多德在《物理学》(The Physics) 中提出运动是由持续的变化引起的

公元 1640 年

伽利略提出惯性定律

牛顿运动定律

第一定律 物体沿直线匀速运动或保持静止，直到有外力改变其速率或方向为止。

第二定律 力产生加速度，且加速度的大小与物体质量成反比（ $F=ma$ ）。

第三定律 有作用力就有反作用力，二者大小相等，方向相反。

力 按照伽利略的惯性原理，牛顿提出了第一定律。第一定律的基本思想是，在不受力的作用下，物体不会运动或者改变其速率。静止的物体将继续保持静止，除非对其施加力；而运动的物体将以恒定的速率继续运动，直至受到外力作用。力（例如推力）可以产生加速度，从而改变物体的速度。加速度表示一定时间内速度的变化。

这点凭生活经验是难以理解的。我们将冰球扔出后，它将沿着冰面滑行，但最终会因球与冰之间的摩擦而减速。摩擦产生了使冰球减速的力。不过，牛顿第一定律可以看作是没有摩擦的特殊情形。与此最为接近的情形是太空，但即便是在太空中亦存在着万有引力的作用。不管怎么说，第一定律为我们理解力和运动提供了一个标准。

加速度 牛顿第二定律涉及力的大小和力所产生的加速度。加速物体所需的力与物体的质量成正比。较重（或惯性较大）的物体加速时所需的力大于较轻的物体。所以，要将静止的小汽车在1分钟内加速到100千米每小时，所需的力等于车的质量乘以单位时间内速度的增

1687 年

牛顿发表《自然哲学的数学原理》（*Principia*）

1905 年

爱因斯坦发表狭义相对论

加量。牛顿第二定律的代数表达形式为“ $F=ma$ ”，即力（ F ）等于质量（ m ）乘以加速度（ a ）。对该公式变形，则得到牛顿第二定律的另一种形式，即加速度等于单位质量上所受到的力。加速度不变，单位质量上所受到的力就不变。所以要让 1 千克的物体加速，则不管它是大物体还是小物体的一部分，所需力的大小是相等的。这就解释了伽利略在假想实验中所提出的问题：铁球和羽毛同时降落谁先落地？乍一看，我们会认为铁球会比漂浮的羽毛先落地，但这其实是由于空气的阻力令羽毛飘起来的缘故。如果没有空气，二者将以相同的速率下降，并同时到达地面。因为二者具有相同的加速度，即重力加速度，所以下落是同步的。1971 年，阿波罗 15 号的宇航员们在月球上（没有大气阻力）所做的实验表明：羽毛与地质锤是以相同的速率下降的。

作用力等于反作用力 牛顿第三定律说的是任何施加到物体上的力都会受到该物体发出的一个与其大小相等、方向相反的力的作用，即每个力都有一个反作用力。有时这个反作用力表现为后坐力。如果一位溜冰者推另一位一下，那么同时自己也会向后退。枪手在射击时可感觉到枪对其肩膀的后坐力。后坐力与最初的推力或者施加到子弹上的力大小相等。在警匪片里，被射中的受害者常常被子弹的力向后推。这其实是一种误导，如果子弹的力果真如此之大，那么射击者也会在枪的后坐力作用下倒退一步。即便是我们从高处跳到地面上，也向地球施加了一个很小的、向下的力。只因地球的质量太大，所以影响几乎看不出来。

利用这三大运动定律（以及万有引力定律），牛顿就能够解决所有物体的运动问题，无论是落下的橡子还是打出的炮弹。有了这三个方程，牛顿就能信心十足地驾驶摩托车，加速驶上死亡之墙（要是那时也有这东西的话）。对于牛顿定律，你有多少信心呢？第一定律假设摩托车驾驶者想以恒定的速度在某个方向上保持行进。但是，如果要想让自行车做圆周运动，那么根据第二定律，就需要一个约束力不断地调整自行车的方向。在本例中，这个力就是轨道通过车轮对自行车施加的力。所

艾萨克·牛顿 (Isaac Newton) 1643—1727 年

艾萨克·牛顿是英国第一位被授予骑士勋章的科学家。牛顿在学校比较“懒散”、“漫不经心”，在剑桥大学也算不上出色的学生，但在 1665 年剑桥大学因瘟疫而关闭之后，却突然活跃起来。他回到了家乡林肯郡，全身心投入到数学、物理学和天文学的研究中，最后成为微积分的奠基人之一。在家乡，他形成了三大运动定律的初步想法，并推出了万有引力的平方反比定律。因为这些出色想法的迸发，年仅 27 岁的牛顿于 1669 年当选卢卡斯数学教授 (Lucasian Chair of Mathematics)。将精力转向光学之后，他通过三棱镜发现白光是由七彩

光混合而成的，并在此问题上与罗伯特·胡克和克里斯蒂安·惠更斯发生过著名的争论。牛顿有两部主要著作，《自然哲学的数学原理》(*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*，亦作 *Principia*) 和《光学》(*Opticks*)。在职业生涯的后期，牛顿在政治上比较活跃。当国王詹姆斯二世想要干涉大学人事任免之时，他捍卫了学术自由，并于 1689 年进入议会。但与牛顿上述性格相反的是，他一方面渴求关注，另一方面性格又比较内向，竭力避免受到批评，而且利用自己的权位残酷打压学术上的竞争对手。直到牛顿去世，他仍备受争议。

需的力等于自行车与驾驶者的质量之和与加速度的乘积。然后，第三定律解释了在其反作用力形成后，自行车对轨道所施加的压力。正是这个压力使得自行车特技演员能够“粘”在倾斜的墙面上。而且，如果车速足够快，墙面甚至可以是垂直的。

时至今日，要描述驾车快速通过或者撞击弯道（只是假设而已）时所涉及的力，牛顿定律也已经足够了。但是，牛顿定律不能解决接近光速的物体和极小物体的运动。这些极端情形需借助于爱因斯坦的相对论和量子力学。

运动被抓到了

03 开普勒定律

约翰尼斯·开普勒喜欢探索事物的规律。通过观察和分析在天空投影的火星环形轨道的天文表，开普勒发现了行星运动的三大定律。他描述了行星如何在椭圆形轨道上运行，以及为何轨道远端的行星绕太阳运行的速度较慢。开普勒的这三大定律不仅使天文学焕然一新，还为牛顿的重力定律奠定了基础。

“我突然发现那颗蓝色的美丽小豌豆就是地球。我闭上一只眼睛，竖起拇指就能把它遮住。可是我并没有感到自己是一个巨人，相反，我感觉自己很渺小。”

尼尔·阿姆斯特朗 (Neil Armstrong),
生于 1930 年

离太阳近的行星绕太阳运行的速度更快。水星只需 80 个地球日就能绕太阳一周，而若木星以相同的速度运行，就需要 3.5 个地球年，而实际上需要 12 年。由于所有行星之间都有擦肩而过的机会，所以若从地球上观察，则每当地球超越它们的时候，便会给人以这样的假象——被超越的行星在倒退。在开普勒的那个时代，这种“倒退”运动令人非常困惑。开普勒本人也正是通过解决此问题，才得以深入理解并提出行星运动的三大定律。

多面体形式 德国数学家约翰尼斯·开普勒喜欢探索事物的规律。他生活在 16 世纪末至 17 世纪初期。在那段时期，占星术被视为邪术，同时天文学作为一门物理科学尚处于襁褓时期，而在揭示自然界的规律方面，宗教信仰同观察一样重要。开普勒是一位神秘主义者，他相信宇宙的组成结构出自于完美的几何形状。因而穷其一生致力于探索和想象

大事年表

约公元前 580 年

毕达哥拉斯认为行星运行的轨道是完美的水晶球模型

约公元 150 年

托勒密记录逆行现象，认为行星是在周转圆上运动的